

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
11. November 2004 (11.11.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/097179 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **F01D 5/00**

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE2004/000651**

(22) Internationales Anmeldedatum:  
29. März 2004 (29.03.2004)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:  
103 19 015.5 27. April 2003 (27.04.2003) **DE**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): **MTU AERO ENGINES GMBH** [DE/DE];  
Dachauer Strasse 665, 80995 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BURMEISTER, Rolf**  
[DE/DE]; Neudorf 43, 31637 Rodewald (DE). **EXLER,**  
**Ferdinand** [DE/DE]; Soldorfer Strasse 10, 31552 Apebern  
(DE). **PETRICK, Torsten** [DE/DE]; Irisweg 3, 30900  
Wedemark (DE). **SIEDOW, Heinz-Jürgen** [DE/DE];  
Ludwig-Kaufholz-Weg 3, 31535 Neustadt am Rübenberge  
(DE). **WINKLER, Lutz** [DE/DE]; An der Sandgrube 11,  
31515 Wunstorf (DE).

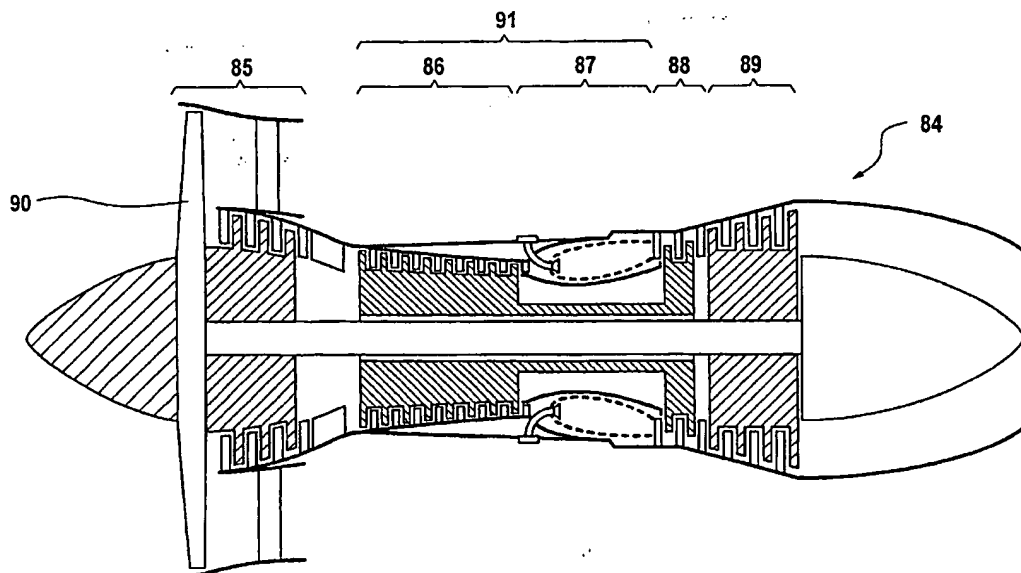
(74) Anwälte: **SÖLLNER, Oliver** usw.; DaimlerChrysler AG,  
Intellectual Property Management, IPM - C106, 70546  
Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): **AE, AG, AL,**  
**AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,**  
**CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,**  
**GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **METHOD FOR THE MAINTENANCE OF GAS TURBINES**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR WARTUNG VON GASTURBINEN**



(57) Abstract: The invention relates to a method for the maintenance of gas turbines. According to said method, a gas turbine is dismantled and modules, structural components, or component parts of the aeroplane mechanism are subsequently inspected and/or repaired. Then, an aeroplane mechanism consisting of inspected and/or repaired or new modules, structural components or component parts is mounted. Dismantling and/or mounting is divided into at least two work steps. A work station is provided for each work step and the aeroplane mechanism, modules, structural components or component parts of the aeroplane mechanism are displaced by the work station provided for carrying out one work step.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/097179 A1



KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

**(57) Zusammenfassung:** Es wird ein Verfahren zur Wartung von Gasturbinen, vorgestellt. Eine Gasturbine, wird demontiert. Anschließend werden Module, Baugruppen, oder Einzelteile des Flugzeugtriebwerks inspiziert bzw repariert. Anschließend wird ein Flugzeugtriebwerk aus inspizierten bzw reparierten oder neuen Modulen, Baugruppen oder Einzelteilen montiert. Die Demontage bzw Montage ist mindestens zwei Arbeitsschritte unterteilt, wobei für jeden Arbeitsschritt jeweils eine Arbeitsstation vorgesehen wird und wobei das Flugzeugtriebwerk, Module, Baugruppen oder Einzelteile des Flugzeugtriebwerks durch die zur Ausführung eines Arbeitsschritts vorgesehene Arbeitsstation bewegt werden.

## Verfahren zur Wartung von Gasturbinen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wartung von Gasturbinen, d.h. von Flugzeugtriebwerken oder stationären Gasturbinen, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Der Wartung bzw. Instandhaltung und insbesondere Reparatur von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, kommt bei der Ermittlung der direkten Betriebskosten eines Flugzeugs eine entscheidende Rolle zu. So sind in etwa 30 % der direkten Betriebskosten eines Flugzeugs den Flugzeugtriebwerken zuzuordnen, wobei in etwa ein Drittel der die Triebwerke betreffenden Betriebskosten auf die Instandhaltung der Flugtriebwerke entfällt. Insofern machen die Kosten für die Instandhaltung von Flugtriebwerken in etwa 10 % der gesamten direkten Betriebskosten eines Flugzeugs aus. Hieraus folgt unmittelbar, dass eine effiziente und kostengünstige Instandhaltung bzw. Wartung und Reparatur von Flugzeugtriebwerken für Fluggesellschaften von entscheidender Bedeutung ist. Ähnliches gilt auch für stationäre Gasturbinen.

Bislang wurde bei der Instandhaltung bzw. Wartung von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, nach dem sogenannten Werkstattprinzip vorgegangen. Bei dem sogenannten Werkstattprinzip verbleibt die Gasturbine, insbesondere das Flugzeugtriebwerk, zumindest in Teilen an einer Position bzw. an einem Ort. Benötigtes Arbeitsmaterial, benötigte Arbeitswerkzeuge sowie benötigtes Arbeitspersonal werden zeitlich so an die Gasturbine, insbesondere das Flugzeugtriebwerk, herangeführt, dass möglichst wenige Störungen auftreten und eine zugesagte Instandhaltungszeit eingehalten werden kann.

Die Instandhaltung bzw. Wartung von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, nach dem sogenannten Werkstattprinzip verfügt jedoch über den Nachteil, dass die Instandhaltung keiner definierten Prozessstruktur folgt. Vielmehr werden Arbeiten an der Gasturbine, insbesondere am Flugzeugtriebwerk, in nahezu beliebiger Reihenfolge durchgeführt, wodurch sich insbesondere dann, wenn gleichzeitig mehrere Gasturbinen

bzw. Flugzeugtriebwerke gewartet werden, Störungen und Verzögerungen bei der Wartung ergeben können. Eine Wartung nach dem sogenannten Werkstattprinzip verfügt demnach über die Nachteile, dass einerseits keine klare Prozessstruktur besteht und dass andererseits lange Zeiten für die Wartung bzw. Instandhaltung benötigt werden. Dies beeinträchtigt die Effizienz der Wartung von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein neuartiges Verfahren zur Wartung von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, zu schaffen.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass das eingangs genannte Verfahren zur Wartung von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist.

Bei der Wartung, insbesondere Reparatur, von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerke, werden Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerke, demontiert. Anschließend werden Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile der Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerke, inspiziert und/oder repariert. Daraufgehend wird eine Gasturbine, insbesondere ein Flugzeugtriebwerk, aus inspizierten und/oder reparierten und/oder neuen Modulen und/oder Baugruppen und/oder Einzelteilen montiert. Erfindungsgemäß wird die Demontage und/oder Montage in mindestens zwei Arbeitsschritte unterteilt, wobei für jeden Arbeitsschritt jeweils eine Arbeitsstation vorgesehen wird, und wobei die Gasturbine, insbesondere das Flugzeugtriebwerk, und/oder Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile der Gasturbine, insbesondere des Flugzeugtriebwerks, durch die einzelnen Arbeitsstationen bewegt wird, um die Gasturbine, insbesondere das Flugzeugtriebwerk, und/oder Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile zur Ausführung eines Arbeitsschritts in die hierfür vorgesehene Arbeitsstation zu bewegen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Wartung von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, schlägt erstmals vor, die Wartung bzw. Instandhaltung von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, nach einem sogenannten Fließbandprinzip vorzunehmen. Es ist demnach eine grundlegende Erkenntnis der hier

vorliegenden Erfindung, dass das Fließbandprinzip auch für Wartungsarbeiten bzw. Instandhaltungsarbeiten an Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, geeignet ist. Mit der Erfindung wird das Vorurteil überwunden, dass das Fließbandprinzip nur bei der Neuproduktion von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, geeignet sei, jedoch nicht für die Wartung bzw. Instandhaltung derselben. Dieses Vorurteil aus dem Stand der Technik liegt darin begründet, dass bei der Neuproduktion aus Einzelteilen oder Rohstoffen mit einer definierten Beschaffenheit ein neuer Artikel entsteht, wohingegen bei der Wartung bzw. Instandhaltung ein Artikel mit unbekannter Beschaffenheit demontiert, inspiziert, repariert und darauffolgend montiert werden muss. Im Unterschied zur Neuproduktion sind bei der Instandhaltung bzw. Wartung von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, die erforderlichen Arbeitsschritte nicht stets gleich, sondern immer abhängig von der konkreten Beschaffenheit der zu wartenden Gasturbine bzw. des zu wartenden Flugzeugtriebwerks. Die hier vorliegende Erfindung zeigt jedoch, dass auch bei der Wartung von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, ein Fließbandprinzip erfolgreich eingesetzt werden kann. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht eine hohe Effizienz bei der Wartung von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, und eine kurze Wartungszeit. Das erfindungsgemäße Verfahren ist sehr flexibel.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird die Gasturbine, insbesondere das Flugzeugtriebwerk, und/oder Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile desselben diskontinuierlich, nämlich in einem Takt, durch die Arbeitsstationen bewegt, wobei jeder Arbeitsschritt in der jeweiligen Arbeitsstationen an den Takt angepasst ist.

Vorzugsweise wird die Demontage und/oder Montage in mehrere Hauptarbeitsschritte und in zumindest einem der Hauptarbeitsschritte zugeordnete Unterarbeitsschritte unterteilt, wobei bei der Demontage die einem Hauptarbeitsschritt zugeordneten Unterarbeitsschritte dem jeweiligen Hauptarbeitsschritt nachgeschaltet und bei der Montage entsprechend vorgeschaltet sind. Für jeden Hauptarbeitsschritt ist jeweils eine Hauptarbeitsstation und für jeden Unterarbeitsschritt ist jeweils eine Unterarbeitsstation vorgesehen. Die Gasturbine bzw. das Flugzeugtriebwerk und/oder Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile werden in einem Takt durch die Hauptarbeitsstationen und die Unterarbeitsstationen bewegt. Der Takt der Unterarbeitsstationen ist vorzugsweise kürzer als der Takt der Hauptarbeitsstationen. Module und/oder Baugruppen und/oder

Einzelteile einer anderen Gasturbine bzw. eines anderen Flugzeugtriebwerks können so in das Verfahren eingeschleust werden.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1: ein Signalflussdiagramm zur Verdeutlichung des erfindungsgemäßen Verfahrens, umfassend Demontage eines Flugzeugtriebwerks, Reparatur von Modulen und/oder Baugruppen und/oder Einzelteilen eines Flugzeugtriebwerks, Montage eines Flugzeugtriebwerks;

Fig. 2: ein detaillierteres Signalflussdiagramm eines Blocks des Signalflussdiagramms gemäß Fig. 1 zur Verdeutlichung der Demontage des Flugzeugtriebwerks;

Fig. 3: ein detaillierteres Signalflussdiagramm eines Blocks des Signalflussdiagramms gemäß Fig. 1 zur Verdeutlichung der Montage des Flugzeugtriebwerks; und

Fig. 4: einen stark schematisierten Querschnitt durch ein zu wartendes Flugzeugtriebwerk.

Anhand der Fig. 1 bis 4 wird das erfindungsgemäße Verfahren zur Wartung bzw. Instandhaltung bzw. Reparatur von Gasturbinen am Beispiel eines Flugzeugtriebwerks in größerem Detail beschrieben.

Fig. 1 zeigt ein stark schematisiertes Signalflussdiagramm bzw. Blockschaltbild des erfindungsgemäßen Verfahrens. So zeigt Fig. 1 die Reinigung, Demontage, Reparatur sowie anschließende Montage von Flugzeugtriebwerken. Fig. 2 zeigt ein detaillierteres Blockschaltbild betreffend die Demontage eines Flugzeugtriebwerks, Fig. 3 zeigt ein

detaillierteres Blockschaltbild betreffend die Montage eines Flugzeugtriebwerks. Fig. 4 zeigt eine stark schematisierter Darstellung eines zu wartenden Flugzeugtriebwerks sowie seiner Module.

Gemäß Fig. 1 wird in einem ersten Schritt 10 ein zu wartendes Flugzeugtriebwerk gereinigt. Nach der Reinigung wird in einem zweiten Schritt 11 das Flugzeugtriebwerk in Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile zerlegt bzw. demontiert. An die Demontage des Flugzeugtriebwerks gemäß Schritt 11 schließt sich ein dritter Schritt 12 an, in welchem die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile des Flugzeugtriebwerks inspiziert und/oder repariert werden. Ergibt im Schritt 12 die Inspektion, dass ein Modul und/oder eine Baugruppe und/oder ein Einzelteil des Flugzeugtriebwerks unbeschädigt ist, so kann eine Reparatur desselben selbstverständlich entfallen. Im Anschluss an die Inspektion und ggf. Reparatur gemäß Schritt 12 wird in einem vierten Schritt 13 ein Flugzeugtriebwerk zusammengesetzt bzw. montiert. Bei der Montage des Flugzeugtriebwerks wird ein Flugzeugtriebwerk aus inspizierten und/oder reparierten und/oder neuen Modulen bzw. Baugruppen bzw. Einzelteilen zusammengesetzt. Ergibt nämlich die Inspektion in Schritt 12, dass ein Modul bzw. eine Baugruppe bzw. ein Einzelteil des Flugzeugtriebwerks nicht mehr repariert werden kann, so wird dasselbe durch ein neues bzw. neuwertiges Modul bzw. eine Baugruppe bzw. ein Einzelteil ersetzt.

Die hier vorliegende Erfindung betrifft in erster Linie die Demontage und Montage des Flugzeugtriebwerks im Sinne der Schritte 11 und 13.

Erfindungsgemäß wird sowohl die Demontage gemäß Schritt 11 als auch die Montage gemäß Schritt 13 in mindestens zwei Arbeitsschritte unterteilt. Für jeden Arbeitsschritt ist eine Arbeitsstation vorgesehen. Das Flugzeugtriebwerk und/oder ein Modul und/oder eine Baugruppe und/oder ein Einzelteil des Flugzeugtriebwerks werden durch die einzelnen Arbeitsstationen bewegt, um das Flugzeugtriebwerk und/oder das Modul und/oder die Baugruppe und/oder das Einzelteil des Flugzeugtriebwerks zur Ausführung eines Arbeitsschritts in die hierfür vorgesehene Arbeitsstation zu bewegen. Das Flugzeugtriebwerk verbleibt demnach nicht an einem Ort bzw. an einer Position, sondern es wird vielmehr unter Veränderung seines Orts durch unterschiedliche Arbeitsstationen

bewegt. Es liegt demnach im Sinne der Erfindung, für die Wartung bzw. Instandhaltung von Flugzeugtriebwerken erstmalig das sogenannte Fließbandprinzip einzusetzen.

Fig. 1 verdeutlicht bzw. visualisiert die Unterteilung der Demontage gemäß Schritt 11 sowie der Montage gemäß Schritt 13 in unterschiedliche Arbeitsschritte. So ist gemäß Fig. 1 die Demontage des Flugzeugtriebwerks vorzugsweise in drei Arbeitsschritte 14, 15 und 16 unterteilt, wohingegen die Montage des Flugzeugtriebwerks vorzugsweise in vier Arbeitsschritte 17, 18, 19 und 20 unterteilt ist. Es ist selbstverständlich, dass auch eine geringere oder eine höhere Anzahl von Arbeitsschritten bei der Demontage gemäß Schritt 11 sowie bei der Montage gemäß Schritt 13 vorgesehen werden können. Bei der Montage gemäß Schritt 13 wird jedoch vorzugsweise immer ein Arbeitsschritt mehr vorgesehen als bei der Demontage gemäß Schritt 11, da das bei der Montage zusammengesetzte Flugzeugtriebwerk nach der Montage noch durch Einstellarbeiten am Flugzeugtriebwerk justiert werden muss.

Bereits im Zusammenhang mit Fig. 1 sei angemerkt, dass für jeden der Arbeitsschritte eine Arbeitsstation vorgesehen ist. Im Sinne der Erfindung wird das Flugzeugtriebwerk bzw. Module, Baugruppen oder Einzelteile desselben sowohl bei der Demontage gemäß Schritt 11 als auch bei der Montage gemäß Schritt 13 durch die unterschiedlichen Arbeitsstationen bewegt. Die Arbeitsstationen sind an den jeweilige Arbeitsschritt angepasst bzw. adaptiert. In jeder Arbeitsstation werden für den jeweiligen Arbeitsschritt 14 bis 20 benötigte Arbeitswerkzeuge und gegebenenfalls Arbeitsmaterialien bereitgestellt. Jede Arbeitsstation ist demnach an den speziellen Arbeitsschritt, der in der jeweiligen Arbeitsstation ausgeführt werden soll, angepasst.

Bevorzugt ist eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei welcher das Flugzeugtriebwerk und/oder die Module und/oder die Baugruppen und/oder die Einzelteile des Flugzeugtriebwerks diskontinuierlich durch die Arbeitsstationen 14 bis 20 bewegt werden. Unter der diskontinuierlichen Bewegung ist zu verstehen, dass die Bewegung durch die einzelnen Arbeitsstationen nach einem Takt erfolgt. Die Länge des Takts ist dabei an die Arbeitsschritte in den jeweiligen Arbeitsstationen angepasst. Der Takt ist demnach so bemessen, dass für jede Arbeitsstation genug Zeit reserviert ist, dass der in der jeweiligen Arbeitsstation auszuführende Arbeitsschritt sicher ausgeführt werden



kann. Da der Takt für jede der hintereinander angeordneten Arbeitsstationen, durch die das Flugzeugtriebwerk bei der Demontage bzw. Montage bewegt wird, gleich lang ist, sind die zur Montage sowie Demontage erforderlichen Arbeitsschritte derart auf die Arbeitsstationen aufgeteilt, dass bei der Montage sowie Demontage keine Zeitprobleme auftreten.

Es ist selbstverständlich, dass unterschiedliche Typen von Triebwerken mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gewartet werden können. Die in den Arbeitsstationen durchzuführenden Arbeitsschritte sind so an die unterschiedlichen Triebwerkstypen angepasst, dass für jedes Triebwerk der Takt eingehalten werden kann. Die Triebwerkstypen sind Serientriebwerke und sind dem hier angesprochenen Fachmann geläufig.

Fig. 2 verdeutlicht die Demontage eines Flugzeugtriebwerks in größerem Detail. So wird gemäß Fig. 2 die Demontage in mehrere Hauptarbeitsschritte sowie mehrere Unterarbeitsschritte unterteilt. Für jeden Hauptarbeitsschritt ist eine Hauptarbeitsstation sowie für jeden Unterarbeitsschritt ist eine Unterarbeitsstation vorgesehen. So sind beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 insgesamt vier Hauptarbeitsstationen 21, 22, 23 und 24 vorgesehen. Die Hauptarbeitsstationen 21 bis 24 sind hintereinander angeordnet, so dass ein zu wartendes bzw. zu demontierendes Flugzeugtriebwerk ausgehend von der ersten Hauptarbeitsstation 21 sukzessive, d.h. hintereinander, durch die nachgeordneten Hauptarbeitsstationen 22, 23 und 24 bewegt wird. Die Bewegung des zu demontierenden Flugzeugtriebwerks durch die Hauptarbeitsstationen 21 bis 24 ist durch die Pfeile 25 visualisiert. Die Bewegung des zu demontierenden Flugzeugtriebwerks durch die Hauptarbeitsstationen 21 bis 24 erfolgt unter Verwendung einer Fördereinrichtung, welche das zu demontierende Flugzeugtriebwerk diskontinuierlich, d.h. in einem Takt, durch die Hauptarbeitsstationen 21 bis 24 bewegt.

In der ersten Hauptarbeitsstation 21 wird ein im Sinne des Schritts 10 (siehe Fig. 1) gereinigtes Flugzeugtriebwerk positioniert und als Einheit inspiziert. Die Inspektion des gesamten Flugzeugtriebwerks in der ersten Hauptarbeitsstation 21 erfolgt mithilfe eines Boroskops. Bei dieser boroskopischen Inspektion des Flugzeugtriebwerks in der ersten Hauptarbeitsstation 21 wird der Zustand des Flugzeugtriebwerks festgestellt und

dokumentiert. Bereits hier können notwendige Reparaturarbeiten am Flugzeugtriebwerk abgeschätzt werden. Ebenfalls wird in der ersten Hauptarbeitsstation 21 ein Hauptlüfterrad-Modul vom Flugzeugtriebwerk demontiert. Das demontierte Hauptlüfterrad-Modul wird sodann im Sinne des Pfeils 26 einer weiteren Inspektion sowie ggf. einer Reparatur im Sinne des Schritts 12 zugeführt. Die boroskopische Inspektion sowie Zustandsdokumentation des gereinigten Flugzeugtriebwerks und die Demontage des Hauptlüfterrad-Moduls in der ersten Hauptarbeitsstation 21 bestimmen einen ersten Hauptarbeitsschritt.

Das um das Hauptlüfterrad-Modul demontierte Flugzeugtriebwerk wird im Sinne des Pfeils 25 in die zweite Hauptarbeitsstation 22 bewegt und dort einem zweiten Hauptarbeitsschritt unterzogen. Im zweiten Hauptarbeitsschritt 22 werden ein Niederdruckturbinen-Modul sowie ein Hochdruckturbinen-Modul vom Flugzeugtriebwerk entfernt.

Nach Erreichen des nächsten Takts wird das entsprechend weiter demontierte Flugzeugtriebwerk im Sinne des Pfeils 25 in die dritte Hauptarbeitsstation 23 bewegt und dort einem dritten Hauptarbeitsschritt unterzogen. Im dritten Hauptarbeitsschritt wird ein Hochdruckverdichter-Modul vom Flugzeugtriebwerk demontiert, wobei das Hochdruckverdichter-Modul aus dem eigentlichen Hochdruckverdichter und der Brennkammer besteht. Nach Demontage des Hochdruckverdichter-Moduls bleibt lediglich das Lüfter-Modul(Fan-Case-Modul) übrig. Dieses wird dann vorzugsweise im Sinne des Pfeils 25 in eine vierte Hauptarbeitsstation 24 bewegt, wobei jedoch in der vierten Hauptarbeitsstation 24 kein weiterer Hauptarbeitsschritt ausgeführt wird.

An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass das Flugzeugtriebwerk im Takt Schritt für Schritt durch die einzelnen Hauptarbeitsstationen 21 bis 24 bewegt wird. In den ersten drei Hauptarbeitsstationen 21 bis 23 werden Hauptarbeitsschritte ausgeführt. Die Hauptarbeitsstationen 21 bis 23 sind an die in den Hauptarbeitsstationen auszuführenden Hauptarbeitsschritte angepasst, d.h. es werden die erforderlichen Arbeitswerkzeuge bereitgehalten.

Gemäß Fig. 2 sind den Hauptarbeitsstationen 22, 23 und 24 Unterarbeitsstationen nachgeordnet. In den Unterarbeitsstationen werden die vom Flugzeugtriebwerk demontierten Module - im gezeigten Ausführungsbeispiel das Niederdruckturbinen-Modul, das Hochdruckturbinen-Modul, das Hochdruckverdichter-Modul sowie das Lüfter-Modul - einer weiteren Demontage in Baugruppen bzw. in Einzelteile unterzogen.

So wird gemäß Fig. 2 im Sinne des Pfeils 27, das während des zweiten Hauptarbeitsschritts in der zweiten Hauptarbeitsstation 22 demontierte Niederdruckturbinenmodul einer ersten Unterarbeitsstation 28 zugeführt. Der ersten Unterarbeitsstation 28 ist im gezeigten Ausführungsbeispiel eine zweite Unterarbeitsstation 29 nachgeordnet. Das Niederdruckturbinen-Modul wird taktweise durch die beiden Unterarbeitsstationen 28 und 29 bewegt und in diesen Unterarbeitsstationen 28, 29 werden zur weiteren Demontage des Niederdruckturbinen-Moduls Unterarbeitsschritte ausgeführt. Die während der Unterarbeitsschritte in den Unterarbeitsstationen 28 und 29 vom Niederdruckturbinen-Modul demontierten Baugruppen bzw. Einzelteile werden dann im Sinne der Pfeile 30, 31 im Schritt 12 einer weiteren Inspektion bzw. einer Reparatur unterzogen.

In Analogie zum Niederdruckturbinen-Modul wird das in der zweiten Hauptarbeitsstation 22 demontierte Hochdruckturbinen-Modul im Sinne des Pfeils 32 einer ersten Unterarbeitsstation 33 zugeführt. Der ersten Unterarbeitsstation 33 sind im gezeigten Ausführungsbeispiel zwei weitere Unterarbeitsstationen 34 und 35 nachgeordnet. Zur Demontage des Hochdruckturbinen-Moduls wird dasselbe taktweise durch die drei hintereinander angeordneten Unterarbeitsstationen 33, 34 und 35 bewegt und in den entsprechenden Unterarbeitsschritten in Baugruppen bzw. Einzelteile zerlegt. Diese werden dann im Sinne der Pfeile 36, 37 und 38 einer weiteren Inspektion bzw. Reparatur nach Schritt 12 zugeführt.

Analog wird bei der weiteren Demontage des Hochdruckverdichter-Moduls sowie des Lüfter-Moduls vorgegangen. So sind der dritten Hauptarbeitsstation 23 insgesamt zwei Unterarbeitsstationen 39 und 40 nachgeordnet. Der vierten Hauptarbeitsstation 24 sind im gezeigten Ausführungsbeispiel insgesamt vier Unterarbeitsstationen 41, 42, 43 und 44 nachgeordnet. Zur weiteren Demontage des Hochdruckverdichter-Moduls sowie Lüfter-

Moduls werden dieselben durch die entsprechenden Unterarbeitsstationen 39 und 40 bzw. 41 bis 44 bewegt.

So wird das im dritten Hauptarbeitsschritt bzw. in der dritten Hauptarbeitsstation 23 demontierten Hochdruckverdichter-Modul, umfassend den eigentlichen Hochdruckverdichter und die Brennkammer, im Sinne des Pfeils 45 der Unterarbeitsstation 39 und das Lüfter-Modul im Sinne des Pfeils 46 der Unterarbeitsstation 41 zugeführt. Entsprechend der Anzahl der vorhandenen Unterarbeitsstationen werden sowohl das Hochdruckverdichter-Modul als auch das Lüfter-Modul durch die entsprechenden Unterarbeitsstationen bewegt und dabei in entsprechende Baugruppen bzw. Einzelteile zerlegt. Diese Baugruppen bzw. Einzelteile werden dann im Sinne der Pfeile 47, 48, 49, 50, 51 und 52 einer weiteren Inspektion bzw. Reparatur im Sinne des Schritts 12 unterzogen bzw. zugeführt.

Aus der oben beschriebenen Struktur des erfindungsgemäßen Verfahrens folgt demnach, dass das Flugzeugtriebwerk in den Hauptarbeitsstationen in Grundmodule zerlegt wird. Hierzu wird das Flugzeugtriebwerk taktweise durch die Hauptarbeitsstationen bewegt, die an die entsprechenden Hauptarbeitsschritte angepasst sind. Die schrittweise bzw. taktweise demontierten Module des Flugzeugtriebwerks werden bis auf das Hauptlüfterrad-Modul von den jeweiligen Hauptarbeitsstationen 22, 23, 24 entnommen und den nachgeordneten Unterarbeitsstationen zugeführt und dort in Baugruppen bzw. Einzelteile zerlegt. Hierzu werden die Module durch die jeweiligen Unterarbeitsstationen bewegt. Auch die Unterarbeitsstationen sind an die in den Unterarbeitsstationen auszuführenden Unterarbeitsschritte angepasst bzw. adaptiert. Die Anzahl der gezeigten Hauptarbeitsstationen sowie Unterarbeitsstationen ist lediglich exemplarischer Natur. Es ist selbstverständlich, dass die Anzahl der Hauptarbeitsstationen sowie Unterarbeitsstationen variiert werden kann.

Die Bewegung des Flugzeugtriebwerks durch die Hauptarbeitsstationen sowie die Bewegung der demontierten Module durch die jeweiligen Unterarbeitsstationen erfolgt vorzugsweise mithilfe eines angepassten Fördermittels bzw. einer Fördereinrichtung.

Vorzugsweise ist der Takt, nach welchem das Flugzeugtriebwerk durch die Hauptarbeitsstationen 21 bis 24 bewegt wird, größer als der Takt mindestens einiger Unterarbeitsstationen. So ist eine Ausgestaltung besonders vorteilhaft, bei welcher der Takt der Hauptarbeitsstationen 21 bis 24, die der Demontage des Flugzeugtriebwerks in Module dienen, gleich dem Takt der Unterarbeitsstationen 41 bis 44 ist, die der weiteren Demontage des Lüfter-Moduls in Baugruppen bzw. Einzelteile dienen. Der Takt der Unterarbeitsstationen 28 und 29 sowie der Unterarbeitsstationen 33 bis 35 sowie der Unterarbeitsstationen 39 und 40, die der weiteren Demontage des Niederdruckturbinen-Moduls bzw. Hochdruckturbinen-Moduls bzw. Hochdruckverdichter-Moduls dienen, ist jedoch kürzer als der Takt der Hauptarbeitsstationen 21 bis 24.

Im gezeigten Ausführungsbeispiel beträgt der Takt der Hauptarbeitsstationen 21 bis 24 sowie der Takt der Unterarbeitsstationen 41 bis 44 sechszehn Stunden. Der Takt der übrigen Unterarbeitsstationen 28, 29 bzw. 33 bis 35 bzw. 39 und 40 beträgt zwölf Stunden. Hierdurch ist es möglich, Module bzw. Baugruppen bzw. Einzelteile eines anderen Flugzeugtriebwerks, welches nicht komplett zur Demontage angeliefert wird, in den Demontageprozess einzuschleusen. Durch die oben angegebene Auswahl der Takte wird lediglich ein Zwischenlager für ein Modul benötigt.

Nachdem das komplette Flugzeugtriebwerk bzw. eingeschleuste Module eines Flugzeugtriebwerks im Sinne der Fig. 2 in Module bzw. Baugruppen bzw. Einzelteile zerlegt worden sind, erfolgt im Sinne des Schritts 12 eine weitere Inspektion bzw. Reparatur der Module bzw. Baugruppen bzw. Einzelteile des Flugzeugtriebwerks. In dem Fall, in dem die weitere Inspektion ergibt, dass eine Reparatur nicht notwendig ist, kann das entsprechende Modul bzw. die entsprechende Baugruppe bzw. das entsprechende Einzelteil der Montage bzw. einer vorgeschalteten Lagerung für die Montage zugeführt werden. Ergibt die Inspektion in Schritt 12, dass eine Reparatur infolge der Beschädigung nicht mehr möglich oder unwirtschaftlich ist, so wird das Modul bzw. die Baugruppe bzw. das Einzelteil durch ein entsprechendes Neuteil ersetzt. Andere Module bzw. Baugruppen bzw. Einzelteile werden einer Reparatur unterzogen, auf die hier im Detail nicht eingegangen werden soll.

Reparaturverfahren zur Reparatur von Triebwerksmodulen bzw. Triebwerksbauteilen bzw. Triebwerkseinzelteilen sind jedoch aus dem Stand der Technik bekannt.

Nach der Inspektion bzw. Reparatur im Sinne des Schritts 12 erfolgt die Montage des Flugzeugtriebwerks im Sinne des Schritts 13. Fig. 3 zeigt für die Montage des Flugzeugtriebwerks ein detailliertes Blockschaltbild.

So erfolgt gemäß Fig. 3 die Montage des Flugzeugtriebwerks in Analogie zur Demontage ebenfalls in mehreren Hauptarbeitsschritten sowie mehreren Unterarbeitsschritten. So sind zur Montage eines Flugzeugtriebwerks aus inspizierten und/oder repartieren und/oder neuen Einzelteilen und/oder Baugruppen und/oder Modulen insgesamt vier Hauptarbeitsstationen 53, 54, 55 und 56 vorgesehen. In den Hauptarbeitsstationen 53 bis 56 werden Hauptarbeitsschritte ausgeführt und das Flugzeugtriebwerk wird modulweise zusammengesetzt. Bei der Montage des Flugzeugtriebwerks wird dasselbe abhängig von dessen modulweisen Zusammenbau durch die Hauptarbeitsstationen 53 bis 56 taktweise bewegt. Den ersten drei Hauptarbeitsstationen 53, 54 und 55 sind gemäß Fig. 3 wiederum Unterarbeitsstationen zugeordnet, wobei bei der Montage die Unterarbeitsstationen den entsprechenden Hauptarbeitsstationen vorgeschaltet und nicht wie bei der Demontage des Flugzeugtriebwerks (siehe Fig. 2) nachgeschaltet sind. In den Unterarbeitsstationen werden Module des Flugzeugtriebwerks aus Baugruppen oder Einzelteilen zusammengesetzt, wobei das entsprechende Module abhängig von dessen Montagezustand durch hintereinandergeschaltete Unterarbeitsstationen bewegt wird.

So zeigt Fig. 3, dass zur Montage des Lüfter-Moduls insgesamt vier Unterarbeitsstationen 57, 58, 59 und 60 vorhanden sind. Zur Montage des Lüfter-Moduls wird das Lüfter-Modul taktweise durch die Unterarbeitsstationen 57 bis 60 bewegt, und zwar abhängig vom Montagezustand des Lüfter-Moduls. Repartierte bzw. inspizierte Baugruppen oder Einzelteile des Lüfter-Moduls oder auch neuwertige Einzelteile werden im Sinne der Pfeile 61, 62, 63 und 64 den Unterarbeitsstationen 57 bis 60 zugeführt, damit in den entsprechenden Unterarbeitsstationen die jeweiligen Unterarbeitsschritte zum Zusammenbau des Lüfter-Moduls ausgeführt werden können. In Analogie sind der zweiten Hauptarbeitsstation 54 Unterarbeitsstationen 65, 66, und der dritten Hauptarbeitsstation 55 Unterarbeitsstationen 67, 68, 69 bzw. 70, 71 vorgeschaltet. Die der zweiten

Hauptarbeitsstation 54 vorgeschalteten Unterarbeitsstationen 65, 66 dienen der taktweisen bzw. schrittweisen Montage des Hochdruckverdichter-Moduls umfassend den Hochdruckverdichter und die Brennkammer, die Unterarbeitsstationen 67, 68 und 69 dienen der taktweisen Montage bzw. dem schrittweisen Zusammenbau des Hochdruckturbinen-Moduls und die Unterarbeitsstationen 70 und 71 dienen dem taktweisen Zusammenbau des Niederdruckturbinen-Moduls. Im Sinne der Pfeile 72, 73, 74, 75, 76, 77 und 78 werden den entsprechenden Unterarbeitsstationen wiederum reparierte und/oder inspizierte und/oder neuwertige Baugruppen bzw. Einzelteile zur Verwendung in den entsprechenden Unterarbeitsschritten zugeführt. Die Unterarbeitsstationen sind an die in den Unterarbeitsstationen auszuführenden Unterarbeitsschritte angepasst, d.h. in jeder der Unterarbeitsstationen werden für den jeweiligen Unterarbeitsschritt benötigte Arbeitswerkzeuge sowie Arbeitsmaterialien bereitgehalten.

Ein in den Unterarbeitsstationen 57 bis 60 montiertes Lüfter-Modul wird in einem ersten Hauptarbeitsschritt in der ersten Hauptarbeitsstation 53 positioniert und anschließend im Sinne des Pfeils 79 in die zweite Hauptarbeitsstation 54 bewegt. Daraufgehend wird dem in der zweiten Hauptarbeitsstation 54 positionierten Lüfter-Modul ein in den Unterarbeitsstationen 65 und 66 montiertes Hochdruckverdichter-Modul im Sinne des Pfeils 80 zugeführt und im zweiten Hauptarbeitsschritt werden in der zweiten Hauptarbeitsstation 54 das Lüfter-Modul sowie das Hochdruckverdichter-Modul zusammengebaut. Daraufgehend wird diese teilmontierte Einheit aus Lüfter-Modul sowie Hochdruckverdichter-Modul im Sinne des Pfeils 79 in die dritte Hauptarbeitsstation 55 bewegt. Im dritten Hauptarbeitsschritt, der in der dritten Hauptarbeitsstation 55 ausgeführt wird, werden im Sinne des Pfeils 81 ein montiertes Hochdruckturbinen-Modul und im Sinne des Pfeils 82 ein montiertes Niederdruckturbinen-Modul in die dritte Hauptarbeitsstation 55 bewegt und dort montiert. Daraufgehend wird im Sinne des Pfeils 79 die aus dem Lüfter-Modul, dem Hochdruckverdichter-Modul, dem Niederdruckturbinen-Modul und dem Hochdruckturbinen-Modul montierte Einheit in die vierte Hauptarbeitsstation 56 bewegt. In der vierten Hauptarbeitsstation 56 wird ein vierter Hauptarbeitsschritt ausgeführt. Im vierten Hauptarbeitsschritt wird einerseits ein montiertes Hauptlüfterrad-Modul im Sinne des Pfeils 83 in die vierte Hauptarbeitsstation

56 bewegt sowie dort montiert, und andererseits werden zur Justage des montierten Flugzeugtriebwerks Einstellarbeiten am Flugzeugtriebwerk vorgenommen.

Sowohl bei der Demontage als auch bei der Montage des Flugzeugtriebwerks erfolgt die Bewegung durch die Unterarbeitsstationen sowie Hauptarbeitsstationen taktweise. So beträgt auch bei der Montage des Flugzeugtriebwerks der Takt, in dem die Bewegung durch die Hauptarbeitsstationen 53 bis 56 erfolgt, vorzugsweise sechszehn Stunden. Auch der Takt der Unterarbeitsstationen 57 bis 60, die der Montage des Lüfter-Moduls dienen, beträgt vorzugsweise sechszehn Stunden. Der Takt der übrigen Unterarbeitsstationen 65 und 66 bzw. 67 bis 69 bzw. 70 und 71 beträgt wiederum vorzugsweise zwölf Stunden und ist demnach kürzer als der Takt der Hauptarbeitsstationen. Hierdurch wird es wiederum möglich, Fremdmodule in den Montageprozess einzuschleusen. Das gesamte Reparaturverfahren ist demnach offen. Es können unterschiedlichste Triebwerktypen gewartet werden. Auch ist es möglich, lediglich einzelne Module von Fremdtriebwerken in den Wartungsprozess bzw. das erfindungsgemäße Verfahren einzuschleusen.

Fig. 4 dient der Verdeutlichung der oben mehrfach erwähnten Module bzw. Baugruppen eines zu wartenden Flugzeugtriebwerks 84. Das Flugzeugtriebwerk 84 gemäß Fig. 4 verfügt über ein Hauptlüfterrad-Modul 90, ein Fan-Case-Modul bzw. Lüfter-Modul 85, ein Niederdruckturbinen-Modul 89, ein Hochdruckturbinen-Modul 88 und ein Hochdruckverdichter-Modul 91 umfassend die Baugruppen Hochdruckverdichter 86 und Brennkammer 87.

Mithilfe der Erfindung wird erstmals vorgeschlagen, bei der Reparatur bzw. Wartung bzw. Instandhaltung von Flugzeugtriebwerken ein sogenanntes Fließbandprinzip einzusetzen. Damit wird das aus dem Stand der Technik bekannte Vorurteil überwunden, dass sich ein Fließbandprozess für Wartungsarbeiten bzw. Reparaturarbeiten nicht eignet.



## Patentansprüche

1. Verfahren zur Wartung, insbesondere Reparatur, von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, wobei eine Gasturbine, insbesondere ein Flugzeugtriebwerk, demontiert wird, wobei anschließend Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile der Gasturbine, insbesondere des Flugzeugtriebwerks, inspiziert und/oder repariert werden, und wobei anschließend eine Gasturbine, insbesondere ein Flugzeugtriebwerk, aus inspizierten und/oder reparierten und/oder neuen Modulen und/oder Baugruppen und/oder Einzelteilen montiert wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Demontage und/oder die Montage in mindestens zwei Arbeitsschritte unterteilt wird, wobei für jeden Arbeitsschritt jeweils eine Arbeitsstation vorgesehen wird, und wobei die Gasturbine, insbesondere das Flugzeugtriebwerk, und/oder Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile desselben durch die einzelnen Arbeitsstationen bewegt werden, um die Gasturbine, insbesondere das Flugzeugtriebwerk, und/oder Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile desselben zur Ausführung eines Arbeitsschritts in die hierfür vorgesehene Arbeitsstation zu bewegen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede Arbeitsstation an den Arbeitsschritt, der in der Arbeitsstation ausgeführt wird, derart adaptiert ist, dass in jeder Arbeitsstation für den jeweiligen Arbeitsschritt benötigte Arbeitswerkzeuge und/oder Arbeitsmaterialien bereitgestellt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gasturbine, insbesondere das Flugzeugtriebwerk, und/oder Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile desselben diskontinuierlich, nämlich in einem Takt, durch die Arbeitsstationen bewegt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder Arbeitsschritt in der jeweiligen Arbeitsstationen an den Takt angepasst ist.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gasturbine, insbesondere das Flugzeugtriebwerk, und/oder Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile desselben kontinuierlich durch die Arbeitsstationen bewegt werden.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Arbeitsstationen hintereinander angeordnet sind, derart, dass die Gasturbine, insbesondere das Flugzeugtriebwerk, und/oder Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile desselben zur Demontage und/oder Montage durch die hintereinander angeordneten Arbeitsstationen bewegt werden.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Demontage und/oder die Montage in mehrere Hauptarbeitsschritte und in zumindest einem der Hauptarbeitsschritte zugeordnete Unterarbeitsschritte unterteilt wird, wobei bei der Demontage die einem Hauptarbeitsschritt zugeordneten Unterarbeitsschritte dem jeweiligen Hauptarbeitsschritt nachgeschaltet und bei der Montage entsprechend vorgeschaltet sind.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass für jeden Hauptarbeitsschritt jeweils eine Hauptarbeitsstation und für jeden Unterarbeitsschritt jeweils eine Unterarbeitsstation vorgesehen wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gasturbine, insbesondere das Flugzeugtriebwerk, und/oder Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile desselben in einem Takt durch die Hauptarbeitsstationen und die Unterarbeitsstationen bewegt wird, wobei der Takt der Unterarbeitsstationen vorzugsweise kürzer ist als der Takt der Hauptarbeitsstationen, derart, dass Module und/oder Baugruppen und/oder

Einzelteile einer anderen Gasturbine bzw. eines anderen Flugzeugtriebwerks in das Verfahren eingeschleust werden können.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Demontage der Gasturbine, insbesondere des Flugzeugtriebwerks, vorzugsweise in drei Hauptarbeitsschritte unterteilt wird, wobei die Gasturbine, insbesondere das Flugzeugtriebwerk, nacheinander durch die jeweiligen, hintereinander angeordneten Hauptarbeitsstationen bewegt wird und dabei in seine Module zerlegt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem ersten Hauptarbeitsschritt bzw. in einer ersten Hauptarbeitsstation ein Flugzeugtriebwerk als Einheit inspiziert wird und ein Hauptlüfterrad-Modul demontiert wird, dass anschließend das um das Hauptlüfterrad-Modul demontierte Flugzeugtriebwerk in eine zweite Hauptarbeitsstation bewegt und in einem zweiten Hauptarbeitsschritt ein Niederdruckturbinen-Modul und ein Hochdruckturbinen-Modul demontiert werden, und dass anschließend das entsprechend demontierte Flugzeugtriebwerk in eine dritte Hauptarbeitsstation bewegt und in einem dritten Hauptarbeitsschritt ein Hochdruckverdichter-Modul demontiert wird, wobei anschließend ein Lüfter-Modul übrig bleibt.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor dem ersten Hauptarbeitsschritt das Flugzeugtriebwerk als Einheit gereinigt wird, und dass das Hauptlüfterrad-Modul unmittelbar einer weiteren Inspektion und/oder einer Reparatur zugeführt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das im zweiten Hauptarbeitsschritt demontierte Niederdruckturbinen-Modul und Hochdruckturbinen-Modul der zweiten Hauptarbeitsstation nachgeordneten Unterarbeitsstationen zugeführt werden, wobei sowohl das Niederdruckturbinen-Modul als auch das Hochdruckturbinen-Modul durch entsprechend adaptierte, hintereinander angeordnete Unterarbeitsstationen bewegt und dabei in Baugruppen und/oder Einzelteile zerlegt werden, wobei die Baugruppen

und/oder Einzelteile einer weiteren Inspektion und/oder einer Reparatur zugeführt werden.

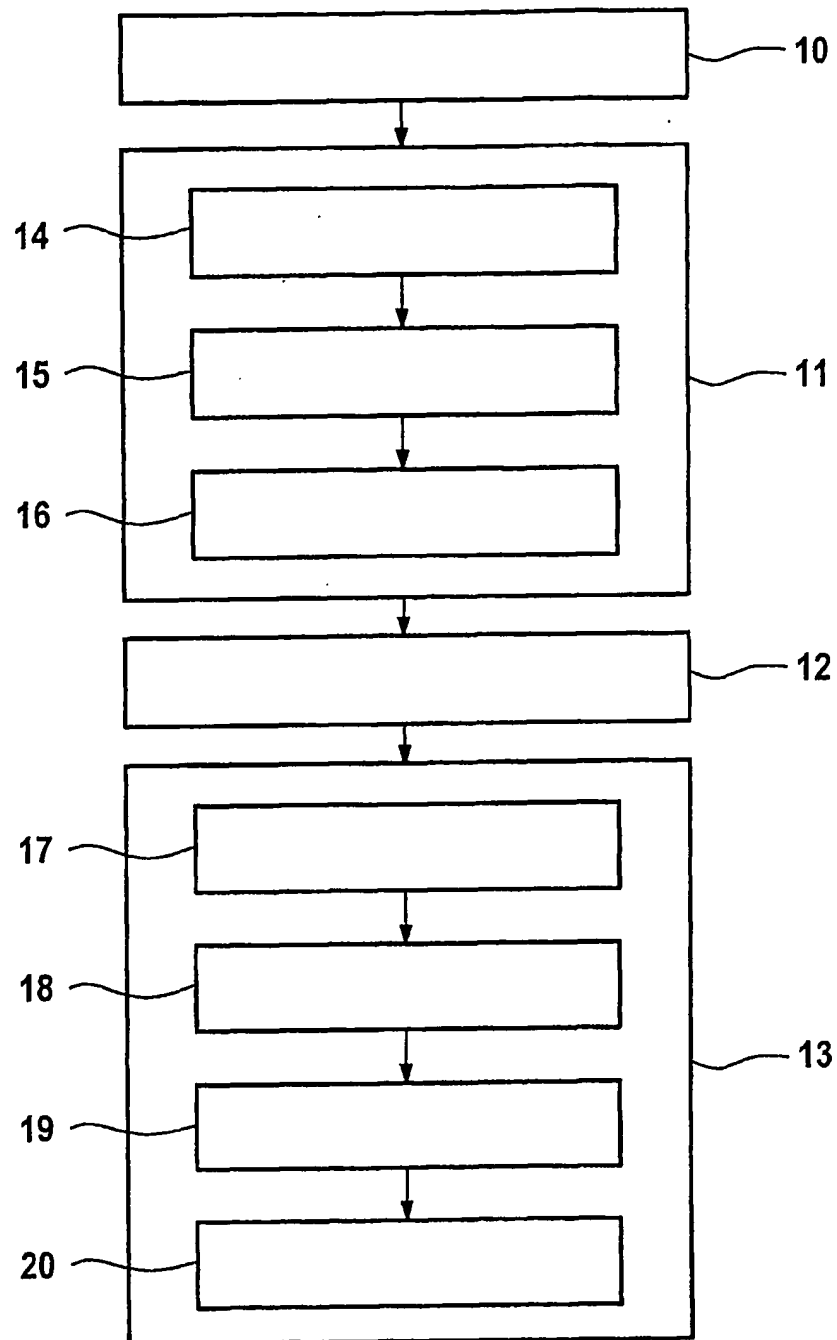
14. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass das im dritten Hauptarbeitschritt demontierte Hochdruckverdichter-Modul der dritten Hauptarbeitsstation nachgeordneten Unterarbeitsstationen zugeführt wird, wobei das Hochdruckverdichter-Modul durch entsprechend adaptierte, hintereinander angeordnete Unterarbeitsstationen bewegt und dabei in Baugruppen und/oder Einzelteile zerlegt wird, wobei die Baugruppen und/oder Einzelteile einer weiteren Inspektion und/oder einer Reparatur zugeführt werden.
15. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Lüfter-Modul vorzugsweise in eine vierte Hauptarbeitsstation bewegt und von dort der vierten Hauptarbeitsstation nachgeordneten Unterarbeitsstationen zugeführt wird, wobei das Lüfter-Modul durch entsprechend adaptierte, hintereinander angeordnete Unterarbeitsstationen bewegt und dabei in Baugruppen und/oder Einzelteile zerlegt wird, wobei die Baugruppen und/oder Einzelteile einer weiteren Inspektion und/oder einer Reparatur zugeführt werden.
16. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Montage der Gasturbine, insbesondere des Flugzeugtriebwerks, vorzugsweise in vier Hauptarbeitsschritte unterteilt wird, wobei die Gasturbine, insbesondere das Flugzeugtriebwerk, nacheinander durch die jeweiligen, hintereinander angeordneten Hauptarbeitsstationen bewegt wird und dabei modulweise zusammengebaut wird.
17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem ersten Hauptarbeitsschritt ein inspiziertes und/oder repariertes Lüfter-Modul in einer ersten Hauptarbeitsstation positioniert und anschließend in eine zweite Hauptarbeitsstation bewegt wird, dass in der zweiten Hauptarbeitsstation in einem zweiten Hauptarbeitsschritt ein inspiziertes und/oder repariertes

Hochdruckverdichter-Modul an das Lüfter-Modul montiert und anschließend die zu zusammengebauten Module in eine dritte Hauptarbeitsstation bewegt werden, dass in der dritten Hauptarbeitsstation in einem dritten Hauptarbeitsschritt ein inspiziertes und/oder repariertes Niederdruckturbinen-Modul und Hochdruckturbinen-Modul an die zusammengebauten Module montiert und anschließend die weiter zusammengebauten Module in eine vierte Hauptarbeitsstation bewegt werden, und dass in der vierten Hauptarbeitsstation ein inspiziertes und/oder repariertes Hauptlüfterrad-Modul an die weiter zusammengebauten Module montiert und anschließend ein montiertes Flugzeugtriebwerk als Einheit justiert wird.

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass vorzugsweise jedem Hauptarbeitsschritt der Montage mehrere Unterarbeitsschritte vorgeschaltet sind, wobei in den jeweiligen Unterarbeitsschritten das Lüfter-Modul und/oder das Hochdruckverdichter-Modul und/oder das Niederdruckturbinen-Modul und/oder das Hochdruckturbinen-Modul aus inspizierten und/oder reparierten und/oder neuen Baugruppen und/oder Einzelteilen zusammengebaut wird.
19. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder Arbeitsschritt in der jeweiligen Arbeitsstationen an den Typ der zu wartenden Gasturbine, insbesondere des Flugzeugtriebwerks, angepasst ist, wobei unterschiedliche Typen von Gasturbinen gewartet werden können.

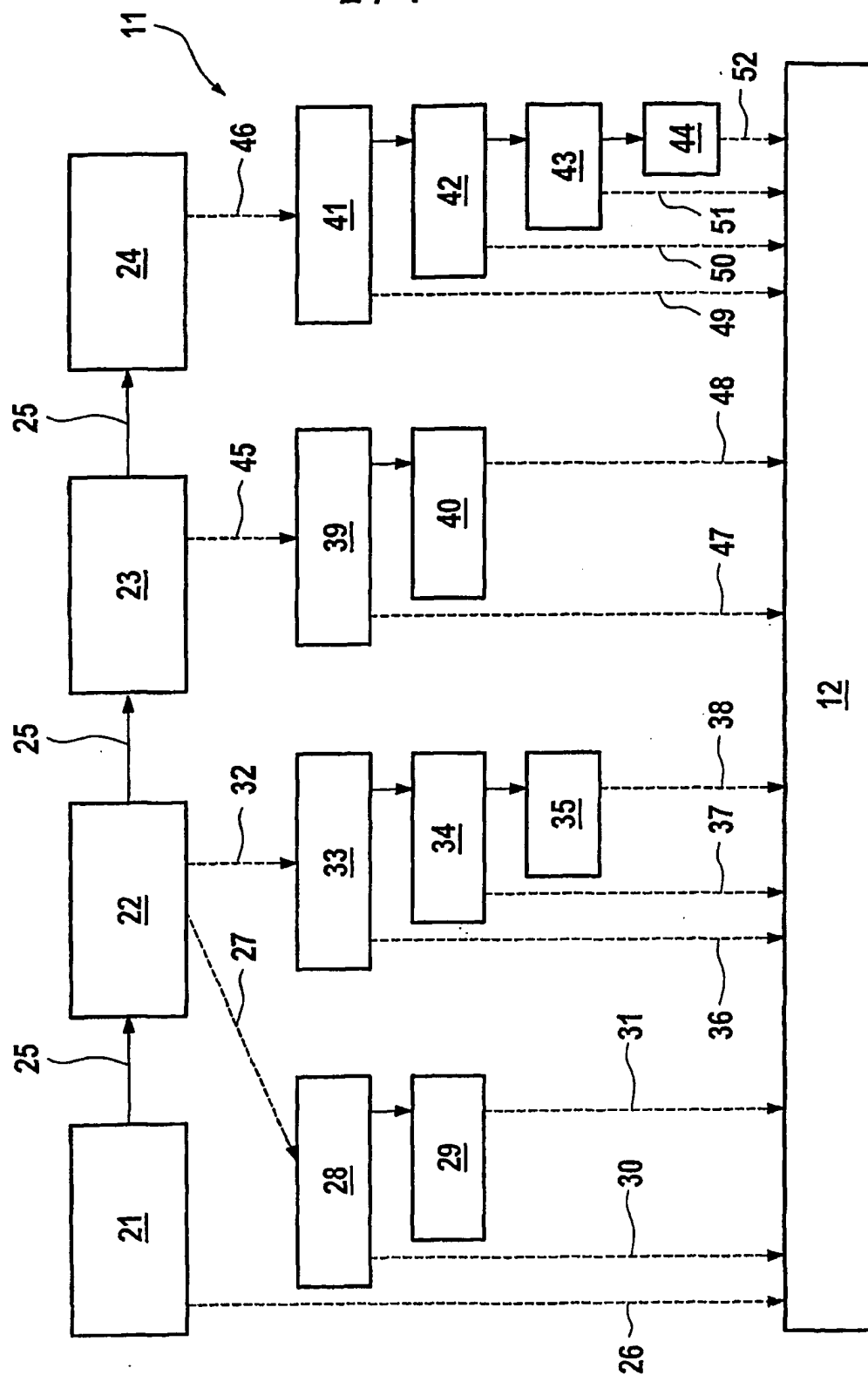
1 / 4

Fig. 1



2 / 4

Fig. 2



3 / 4

Fig. 3

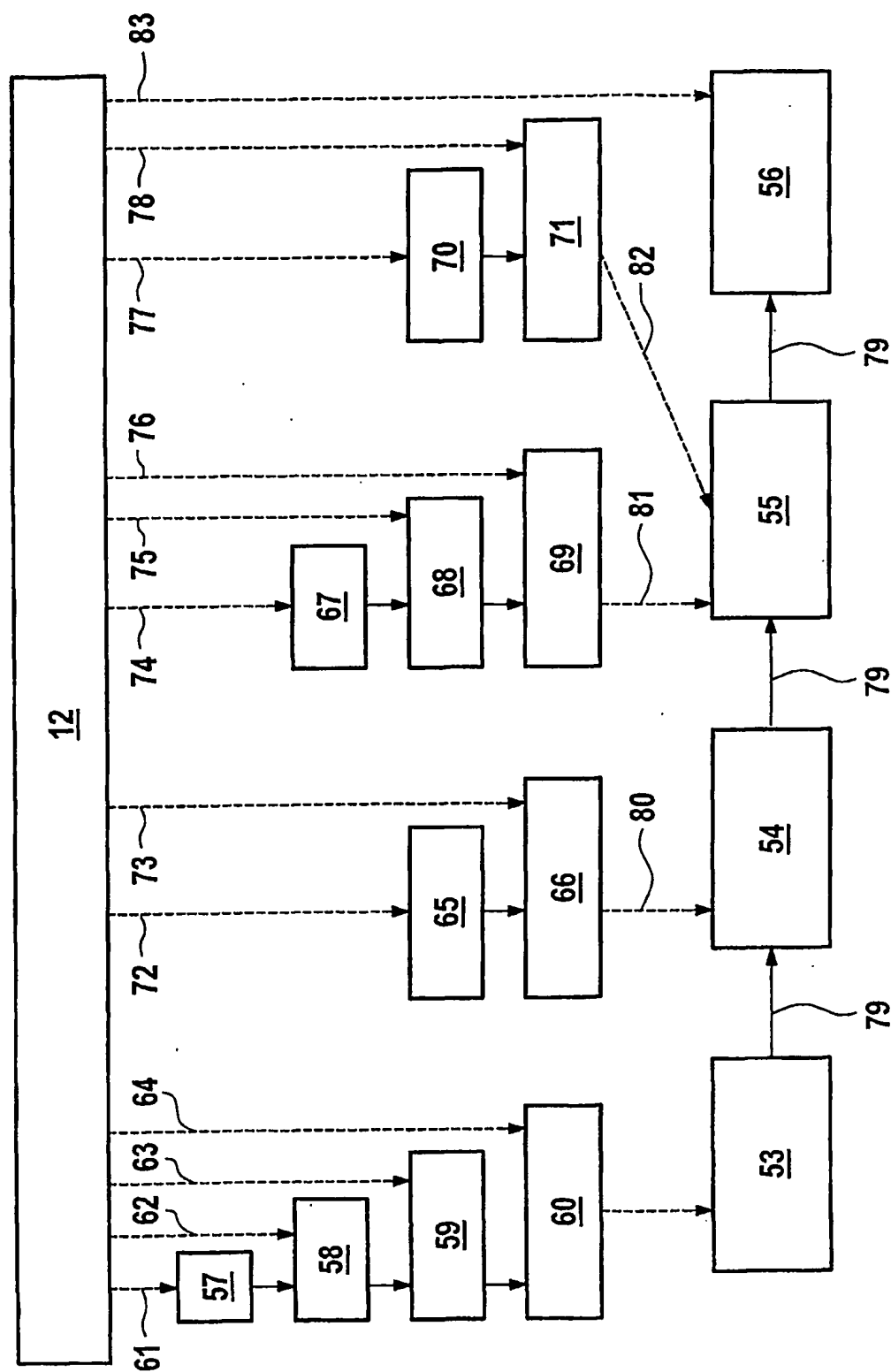
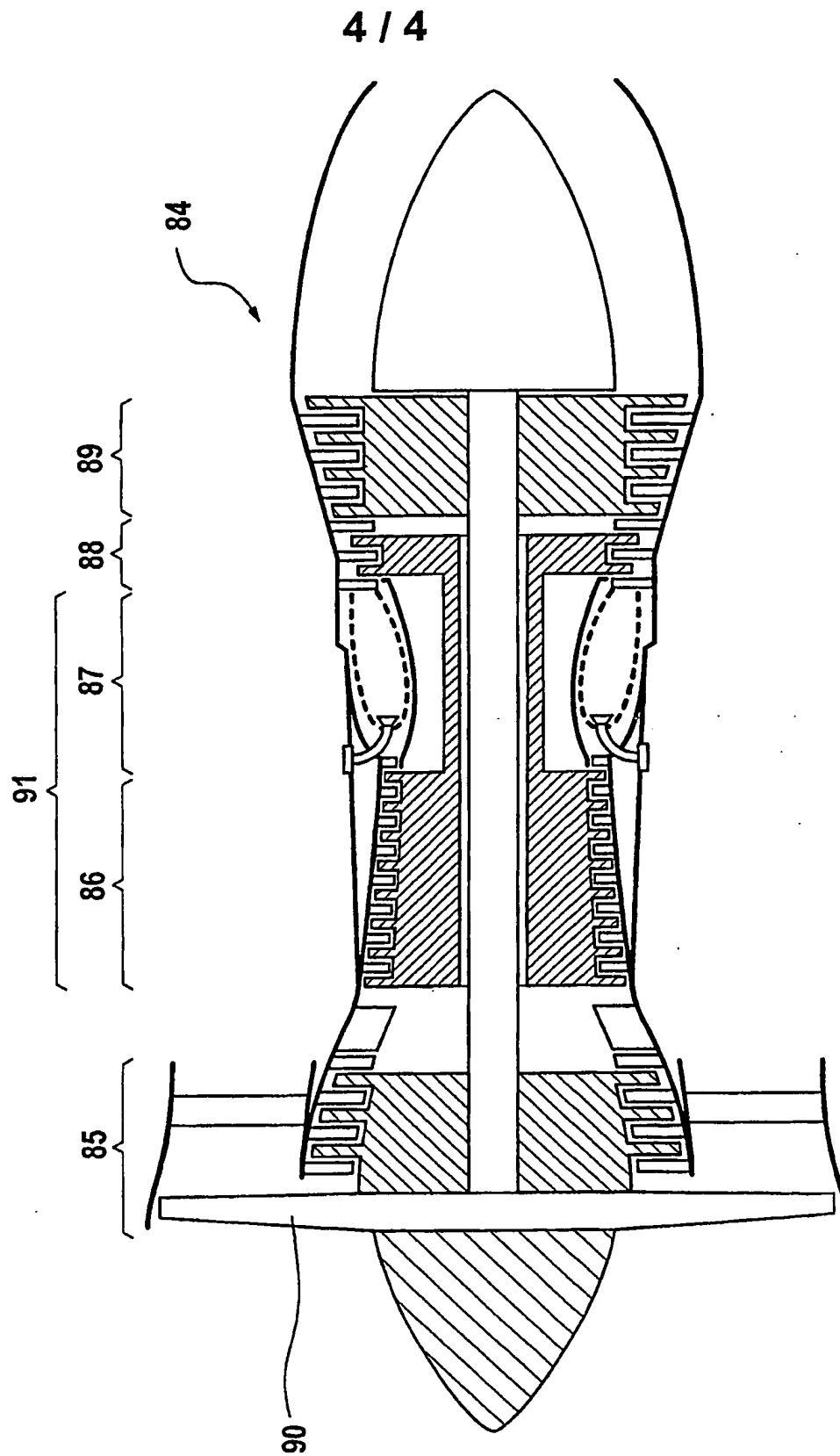




Fig. 4



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

DE2004/000651

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 F01D5/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 267 397 A (WILCOX DAVID E) 7 December 1993 (1993-12-07)	1, 10, 11, 13-19
Y	column 6, line 34 - line 46	2-7
X	SAWYER J.W., FELLOW P.E., HALLBERG K.: "Turbomachinery Maintenance Handbook" 1980, TURBOMACHINERY INTERNATIONAL PUBLICATIONS, NORWALK, USA, XP002293430 pages 10-1 - pages 10-4	1
Y	US 5 285 572 A (FAIRBOURN DAVID C ET AL) 15 February 1994 (1994-02-15) abstract column 3, line 5 - column 4, line 2 ----- -/--	2-7

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 August 2004

Date of mailing of the international search report

06/09/2004

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Steinhauser, U

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

DE2004/000651

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 493 685 A (SULZER MTU CASTING TECHNOLOGY) 8 July 1992 (1992-07-08) column 3, line 10 - line 36 column 7, line 7 - line 50 . -----	1-7
A	BREMER C: "KOMPRESSOR-UND TURBINENSCHAUFELN AUTOMATISCH REPARIEREN" WERKSTATT UND BETRIEB, CARL HANSER VERLAG. MUNCHEN, DE, vol. 129, no. 7/8, 1 August 1996 (1996-08-01), pages 672-674, XP000678763 ISSN: 0043-2792 the whole document -----	1-7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

'DE2004/000651

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5267397	A	07-12-1993	US 5220784 A	22-06-1993
US 5285572	A	15-02-1994	NONE	
EP 0493685	A	08-07-1992	DE 4039807 C1	02-10-1991
			EP 0493685 A1	08-07-1992
			US 5261480 A	16-11-1993
			US 5193272 A	16-03-1993

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 F01D5/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 267 397 A (WILCOX DAVID E) 7. Dezember 1993 (1993-12-07)	1,10,11, 13-19
Y	Spalte 6, Zeile 34 - Zeile 46	2-7
X	SAWYER J.W., FELLOW P.E., HALLBERG K.: "Turbomachinery Maintenance Handbook" 1980, TURBOMACHINERY INTERNATIONAL PUBLICATIONS, NORWALK, USA, XP002293430 Seiten 10-1 - Seiten 10-4	1
Y	US 5 285 572 A (FAIRBOURN DAVID C ET AL) 15. Februar 1994 (1994-02-15) Zusammenfassung Spalte 3, Zeile 5 - Spalte 4, Zeile 2 ----- -/--	2-7



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23. August 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

06/09/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Steinhauser, U

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 493 685 A (SULZER MTU CASTING TECHNOLOGY) 8. Juli 1992 (1992-07-08) Spalte 3, Zeile 10 - Zeile 36 Spalte 7, Zeile 7 - Zeile 50 -----	1-7
A	BREMER C: "KOMPRESSOR-UND TURBINENSCHAUFELN AUTOMATISCH REPARIEREN" WERKSTATT UND BETRIEB, CARL HANSER VERLAG. MÜNCHEN, DE, Bd. 129, Nr. 7/8, 1. August 1996 (1996-08-01), Seiten 672-674, XP000678763 ISSN: 0043-2792 das ganze Dokument -----	1-7

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

/DE2004/000651

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5267397	A	07-12-1993	US	5220784 A	22-06-1993
US 5285572	A	15-02-1994	KEINE		
EP 0493685	A	08-07-1992	DE	4039807 C1	02-10-1991
			EP	0493685 A1	08-07-1992
			US	5261480 A	16-11-1993
			US	5193272 A	16-03-1993